doi:10.13866/j.azr.2019.02.16

近50多年河西地区干热风事件时空变化特征①

侯 启, 张 勃, 何 航, 马 彬, 马尚谦
(西北师范大学地理与环境科学学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要: 为探究全球变化背景下河西地区干热风事件的变化趋势和影响范围,根据河西地区春小麦国家气象行业标准,基于河西地区13个气象站1960—2017年6、7月的逐日最高气温和14:00相对湿度,分析干热风事件时空变化特征。结果表明:① 除海拔较高地区没有干热风事件发生外,其余地区均呈现增加趋势,且增长幅度有明显差异。在2000年之后重度干热风增加更为显著,干热风发生强度迅速增强。各年代干热风发生高值区未发生明显变动,发生天数却有明显变化。② 河西地区干热风空间分布为西多东少,北多南少。较低海拔地区达到干热风年型标准的年份较多。③ 一次干热风过程所波及的站点和持续时间增多和延长,干热风发生范围进一步扩大到更高纬度和更高海拔地区。

关键词: 干热风; 时空变化; 气候变化; 年型等级; 河西地区

干热风是一种高温、低湿和微风的综合作用下造成农作物植株水分大量蒸腾的气象现象[1],主要对小麦生长后期灌浆构成严重影响,在干热风严重年份小麦的千粒重甚至会降低6 g以上,减产可达10% ~20%[2]。我国现代气候变化特征显示,近几十年气候变暖愈演愈烈,加剧了极端天气事件和干旱的发生[3-4],极端天气事件尤其是极端高温事件也影响到干热风发生的频率和强度,相关研究也表明,干旱也会使得干热风造成的灾害程度进一步加剧[5],使得作物造成更大的减产。

干热风在我国发生区域很广,自黄淮平原,经河西走廊一直到南疆盆地北缘及北疆盆地南缘这条纬度带内常出现干热风[6]。目前我国对干热风的研究主要集中于干热风灾害的区域气候指标[2,7-8]、干热风成因[9-10]、灾害发生特征[11-14]、风险区划分析[15]、麦类作物灌浆影响[16-17]以及灾害预测预报[18-19]和防灾减灾[20]方面的研究,研究成果十分丰富,这些研究对我国预防并应对干热风灾害和保障我国粮食安全等方面意义重大。

河西地区是我国生态环境最脆弱的地区之一,受气候变化影响十分显著[21]。相关研究指出,河西地区半个世纪以来存在气温明显升高[22],极端高温事件发生频率加快[23],有利于干热风发生的气象条件增多,导致在此地区干热风发生的频率、范围及危害程度都随之增加,此趋势下河西地区干热风时空分布格局将发生如何变化,是农业气象灾害研究领域中的重点[5-6,11-12,24]。近年来,对河西地区干热风的相关研究较少,原有成果已不能完全适应近年变化了的气候环境。本文在前人研究的基础上增加近年来的气象观测数据,探究自1960年以来河西地区干热风事件发生趋势和范围变化特征,为气候变暖背景下河西地区农业安全生产和防灾减灾等提供科学依据。

1 研究区概况

河西地区介于祁连山北麓与阿拉善高原南缘之间,从甘新交界处的星星峡到乌鞘岭,东西长约1 000 km,南北宽20 ~200 km,约占甘肃省面积的60%。河西地区地势南高北低,南部祁连山地海拔多在3 000 m以上,走廊内部地势平坦,一般海拔1 500 m左右(图1)。属于温带大陆性干旱气候,年平均降水量介于40 ~600 mm之间,年平均气温5.8 ~9.3 ℃。山区降水较多,发育现代冰川,是河西地区水源地。走廊平原区是典型的绿洲分布区,是全国重要的商品粮和蔬菜生产基地。

① **收稿日期:** 2018-06-14; **修订日期:** 2018-10-10
基金项目: 国家自然科学基金项目(41561024)
作者简介: 侯启(1994-),男,硕士研究生,主要从事区域环境与资源开发研究. E-mail:fanlisuanle@163.com
通讯作者: 张勃. E-mail:zhangbo@nwnu.edu.cn

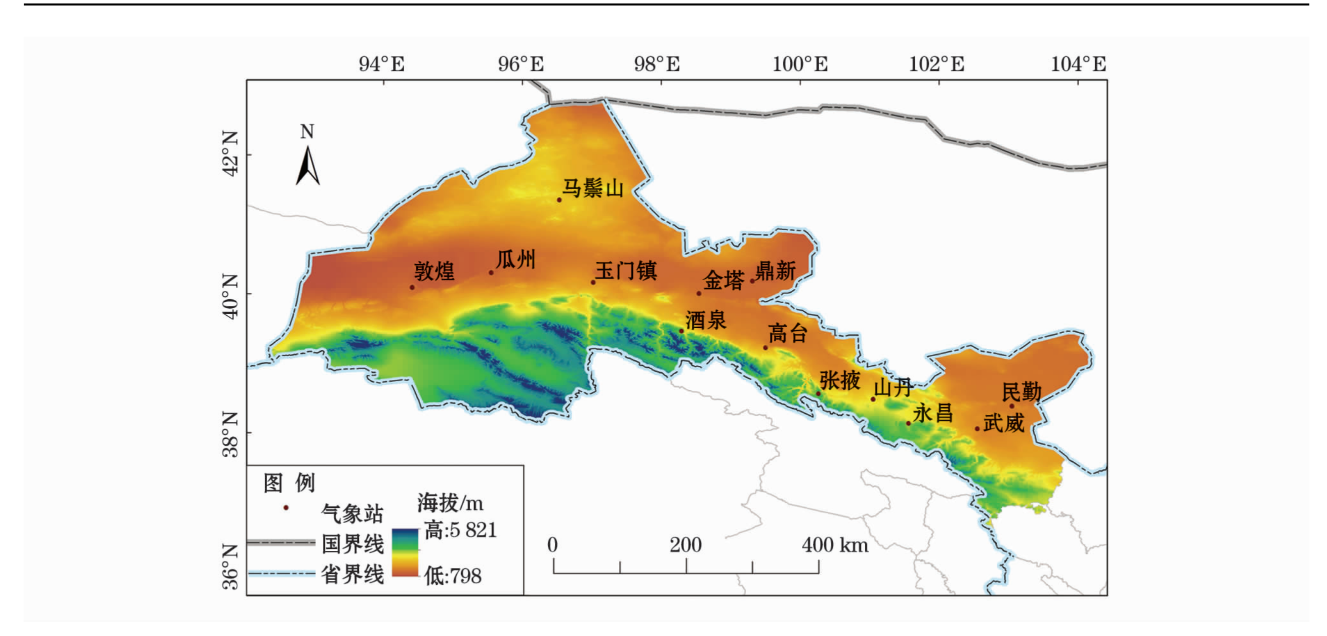


图 1 研究区概况图

Fig. 1 General situation of the study area

2 数据与方法

2.1 资料来源

气象数据来自中国气象局气象数据共享服务网(www. nmic. cn),为了突出干热风发生灾害事件及其特征,本文选取了河西地区 13 个气象观测台站 1960—2017 年 6—7 月逐日温度、湿度、降水量和风速数据判定干热风发生时间。根据河西 3 大流域自然分界线,将河西地区分为东部、中部和西部地区。武威、永昌、民勤站代表河西地区东部,山丹、张掖、高台、酒泉、金塔、鼎新站代表河西地区中部,玉门、瓜州、敦煌、马鬃山站代表河西地区西部。

2.2 干热风气象指标

中国气象局 2007 年发布的中华人民共和国气象行业标准《小麦干热风灾害等级》中综合考虑了不同区域和类型的小麦干热风灾害指标[1],提出高温低湿型是影响河西地区最普遍的干热风类型,并采用日最高气温、14:00 相对湿度和 14:00 风速确定干热风指标。河西春麦区轻度干热风具体指标是:日最高气温≥32 ℃,14:00 相对湿度≤30%;重度干热风具体指标是:日最高气温≥35 ℃,14:00 相对湿度≤25%。14:00 风速在河西地区不是限制性因素。表 1 是干热风天气过程和年型的等级指标。

由于干热风是一种持续较短的特定天气现象,而且灾害发生局地性较强,本文规定 1 d 内若有一个或多个站点达到干热风气象指标,则为一个干热风日。

表 1 干热风过程与年型等级指标

Tab. 1 Grade indexes of dry-hot wind processes and annual types

	等级	指标
干热风过程	重	连续出现≥2 d 重干热风日
		在一次干热风天气过程中出现 2 d 不连续重干热风日,或 1 个重日加 2 个以上轻日
	轻	除重干热风天气过程所包括的轻干热风日外,连续出现≥2 d 轻干热风日
		连续 2 d 的 1 轻 1 重干热风日,或出现 1 d 重干热风日
干热风年型	重	1 年中有 2 次以上重干热风过程,或 2 轻 1 重,或 4 次以上轻过程
		过程中重干热风日连续 4 d 以上,或轻干热风日连续 7 d 以上
	轻	1 年中有 2 次以上轻干热风过程,或 1 次重过程,或轻干热风日连续≥4 d

2.3 研究方法

通过干热风灾害气象指标,得出河西地区干热风发生时间及年型,通过 7 a 低通滤波和小波分析方法获取河西地区干热风事件发生趋势特征及规律性信息,用 Origin、SPSS 软件计算,通过 ArcGIS 10.2 的 IDW 插值方法进行空间表达。

3 结果与分析

3.1 干热风空间分布

3.1.1 干热风事件空间分布特征 河西地区轻、重干热风均有分布,且发生范围较广。图 2a 和图 2b

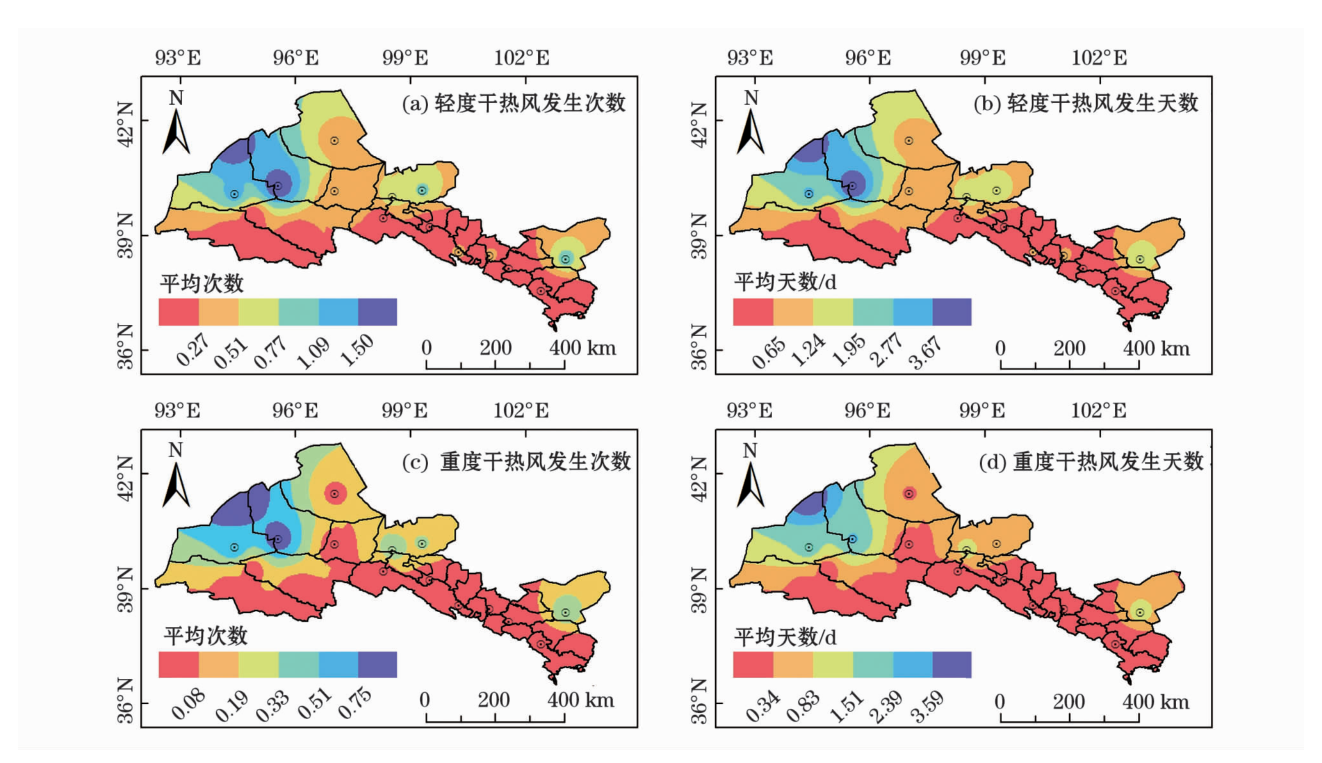


图 2　河西地区各程度干热风年均发生频次和天数的空间分布

Fig. 2　Spatial distribution of average annual frequencies and days of dry-hot wind in the Hexi region

显示,河西地区轻度干热风年均发生次数和天数高值区均分布在河西地区西部,敦煌和瓜州每年至少发生 1 次轻度干热风事件,年均发生天数达 2.8 d 和 4.8 d,民勤、金塔和鼎新轻度干热风发生频次为 0.9 次·a^{-1}、0.7 次·a^{-1}、0.8 次·a^{-1};图 2c 和图 2d 显示,河西地区重度干热风发生区域在空间上与轻度干热风大致相同,但发生范围相对较小,干热风灾害最严重的地方集中分布在河西地区西部的敦煌、瓜州及其以西地区,年均发生天数超过 2 d,金塔、民勤地区年均发生天数多于 1 d,干热风次数和天数在空间分布上总体呈西多东少,北多南少的特征,这与刘德祥[11]、曹玲[12]所得出的结论一致。一般在海拔 1 750 m 以上不受干热风的影响,对比图 1 可看出,海拔较高处和沿山地区干热风事件发生的次数和天数较少,危害较轻,海拔较低的地方和靠近戈壁沙漠的绿洲地区发生频率较高。干热风发生频率高的地区下垫面多为广阔的戈壁沙漠,云量少,日照时数多,众要素综合作用下使其白天辐射增温剧烈,也使河西地区西部干热风事件较东部多而强。

3.1.2　干热风年型分布特征　图 3 显示,干热风轻年型瓜州和民勤占比最高,占总年份的 31% 和 29%,其次是敦煌、鼎新、张掖等站;重年型占比最高的则是瓜州、敦煌和金塔等站,占总年份的 44%、36% 和 24%,其次是鼎新、民勤等站。在河西地区海拔较低站点(低于 1 300 m)干热风发生年型较多且重年型多于轻年型。在 1960—2017 年达到干热风年型最多的是河西地区西侧的敦煌、瓜州和位于河西地区东侧北部的民勤,分别为 31 a、44 a 和 26 a,占总年份的 53%、75% 和 44%。酒泉、张掖等站虽有轻、重干热风日,但大多年份并未达到干热风年型标准。

3.2　干热风时间演变

3.2.1　年际变化　河西地区轻度、重度和总干热风发生天数均呈明显的上升趋势(图 4)。其中,轻度干热风发生天数年际倾向率为 0.5 d·$(10a)^{-1}$,呈现先相对稳定,之后迅速减少后又增多的态势,轻度干热风发生天数最多为 2005 年,达 22 d;重度干热风发生天数总体呈上升趋势,年际倾向率为 1.3 d·$(10a)^{-1}$,虽然重度干热风发生天数总体上没有超过轻度,但其增长趋势尤其是近 20 多年来十分明显,总体呈先缓慢减少后又迅速增多的态势,重度干热风发生天数最多为 2016 年,达 19 d,小波分析显示在 2000 年之后出现了显著的 6 a 周期;总干热风发生天数增长速度十分迅速,年际倾向率为 1.8 d·$(10a)^{-1}$,小波分析显示存在 4 ~ 5 a 变化周期。总干热风发生天数呈现出先减少后增多,后又小幅减

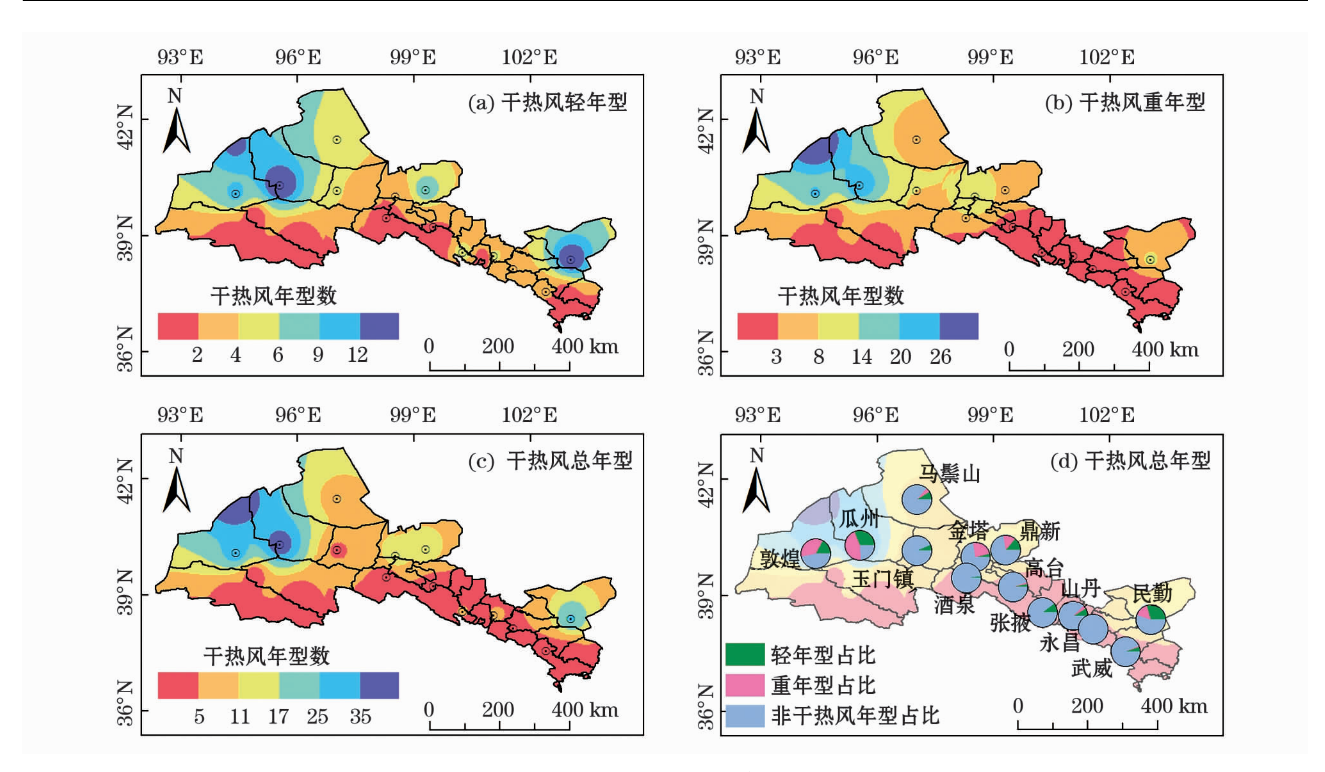


图 3　河西地区各干热风年型数目及其所占比重的空间分布

Fig. 3　Spatial distribution of the number of dry-hot wind types and their proportions in the Hexi region

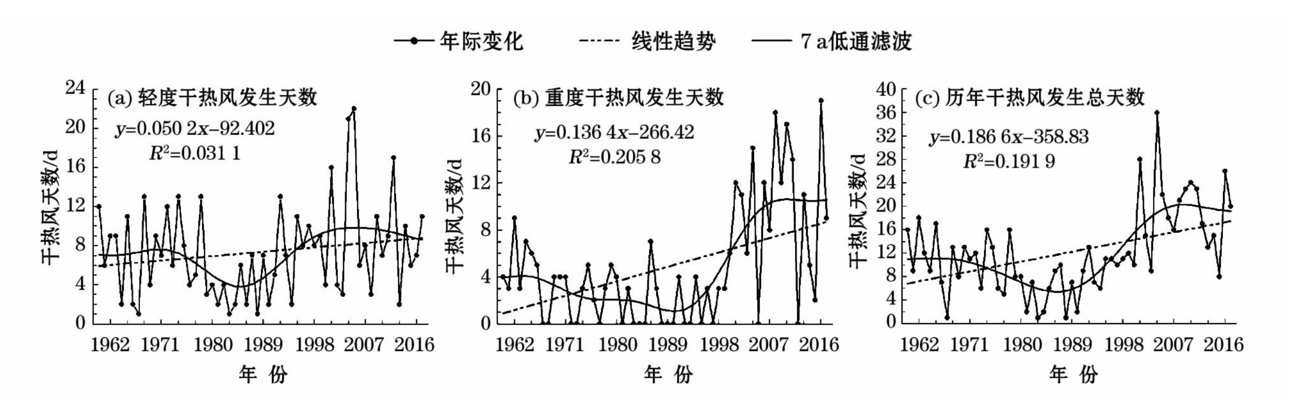


图 4　河西地区不同程度干热风发生天数的年际演变

Fig. 4　Interannual variation of the days with dry-hot wind at different levels in the Hexi region

少的趋势,20 世纪 90 年代干热风发生天数增长主要受轻度干热风天数增多影响,2000 年以后则主要受重度干热风迅速增加的影响。

分析河西地区 1960—2017 年干热风发生天数线性回归的斜率(图 5),河西地区除海拔较高地区没有干热风灾害发生之外,绝大部分地区干热风天数都呈现增多趋势,斜率变化在 0 ~ 0.089 之间。金塔、鼎新和民勤增长趋势最显著,西部敦煌和瓜州等地增长也较明显,虽然河西地区中部干热风天数增多,但并不十分明显。

3.2.2　干热风发生强度变化　由于不同干热风过程所造成的灾害损失不同,利用干热风强度指标表

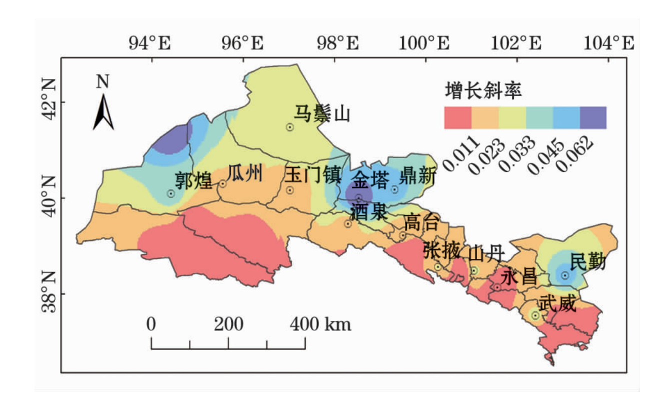


图 5　1960—2017 年河西地区干热风天数线性回归斜率

Fig. 5　The linear regression slope of dry-hot wind days in the Hexi region from 1960 to 2017

示河西地区各地历年干热风发生强度[25]。

$$G_k = \frac{L_d \times d_{kl} + W_d \times d_{kw}}{10} \qquad (1)$$

式中:G_k 为第 k 年干热风强度指数;L_d、W_d 分别为发生 1 d 轻度和重度干热风日的灾害强度;d_{kl} 和 d_{kw} 分别为第 k 年轻度(L)和重度(W)干热风天数。

根据《小麦干热风灾害等级》,重度干热风年型减产 10% ~20% 以上,轻度干热风年型减产 5% ~10%[1],由此,将 L_d 取值为 1,W_d 取值为 2。

计算河西地区 13 个站干热风强度指数(图 6),可知干热风强度指数大的站点分布在瓜州、敦煌、民勤、金塔和鼎新,均超过了河西地区干热风强度指数平均水平。时间序列分布上呈先缓慢减少后又迅速增多,1985 年之前各站点间干热风强度指数相差较大,且多数站点强度指数低于 0.5;1985 年之后,干热风强度指数快速增大,在 2000 年之后强度指数超过 0.5 的年份和站点增多,强度比之前有了显著的提升。瓜州和敦煌的强度指数一再刷新最大记录,且年际之间的强度指数差异变大。

3.2.3　站点和持续天数变化　统计分析河西地区历年影响时间最长的一次干热风过程(图 7a),历年干热风过程的持续天数总体呈增长趋势,年际倾向率 0.6 d · (10a)$^{-1}$。具体表现为先缓慢减少后增多趋势,小波分析存在 5 a 周期,近年浮动变大,干热风过程持续天数从 20 世纪 90 年代开始迅速增多。其中,持续天数最长的 3 年是 2004 年、2010 年和 2017 年,分别为 12 d、10 d 和 11 d,均分布在 2000 年之后,持续天数相对较短的则相对集中分布在了 20 世纪 80 年代。

统计分析河西各站点干热风过程,一次干热风持续天数较长的有瓜州、敦煌、金塔等站,且各站点持续时间有逐渐增加的趋势。统计河西地区每次干热风事件所涉及的站点数(图 7b),结果显示,一次干热风过程所涉及的站次变化呈先缓慢减少后又迅

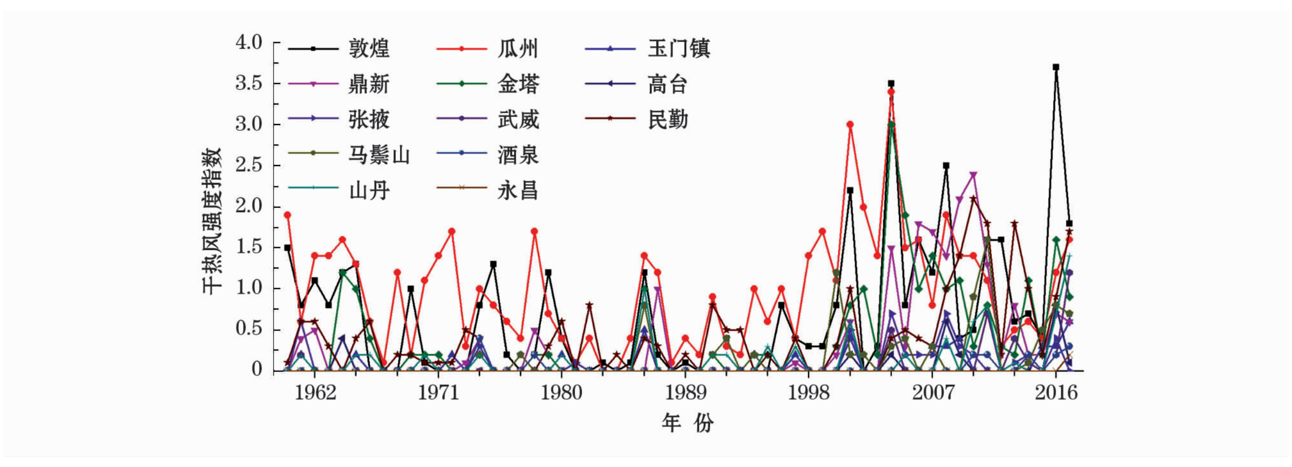


图 6　河西地区各站点干热风强度指数年际分布

Fig. 6　Interannual distribution of dry-hot wind intensity index at different stations in the Hexi region

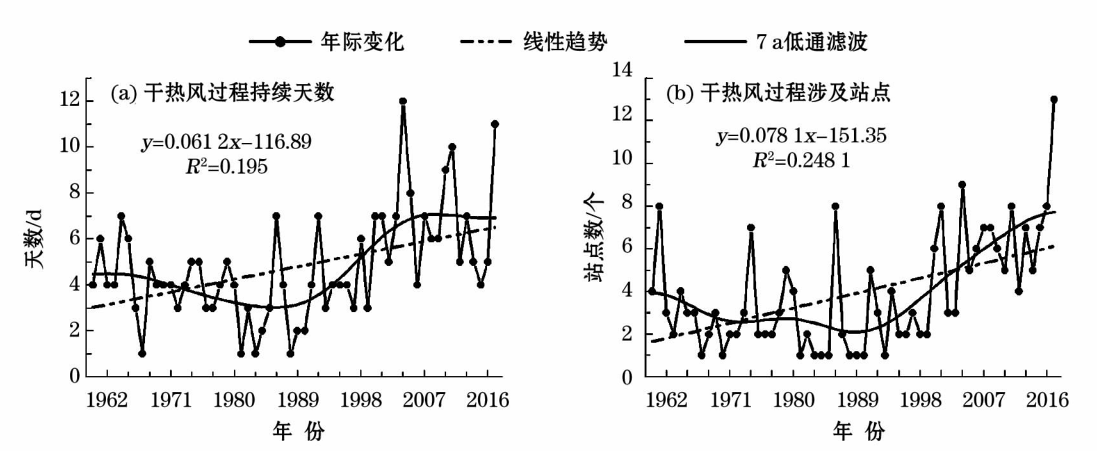


图 7　河西地区干热风过程持续天数与涉及站点的年际变化

Fig. 7　Interannual variation of the durations of dry-hot wind process in the Hexi region

速增多的趋势，表明干热风发生范围变大，尤其在20世纪90年代后扩大速度较快，影响范围进一步扩大到更高纬度和更高海拔站点。其中，2017年监测的13个站点均有干热风灾害事件的发生，为历年之最；20世纪80年代中有6 a只有一个站点有干热风事件的发生。小波分析显示在20世纪70年代中期到90年代中后期出现了5～6 a的变化周期，80年代后出现了十分明显的12 a周期。

3.2.4 年代际变化 统计1960年以来河西地区各年代干热风的年平均天数（表2），河西地区轻、重干热风发生天数变化趋势大致相同，相关系数为0.61（$P<0.05$）。在2000年之前轻度干热风发生天数较多，2000年之后重度干热风发生天数迅速增加并超过了轻度干热风，表明重度干热风受气候变化的影响更为明显。轻度干热风20世纪60—70年代年平均发生天数有所增多；20世纪70—80年代迅速减少；1980年之后轻度干热风天数持续增多；2010年之后又呈现微弱减少趋势。重度干热风发生天数在1990年之前呈减少态势；20世纪80—90年代重度干热风年均发生天数达到了最低值，仅1.7 d·a^{-1}；2000年之后迅速增多，比前10 a多近6倍；2010年之后相比前10 a重度干热风年均发生天数有所减少，但相对前几十年灾害发生天数仍比较多。

表2 河西地区各年代不同程度干热风年均天数及增减比率

Tab.2 Average annual days and increase/decrease rate of dry-hot wind at different levels in the Hexi region in different decades

年代	轻度		重度		总数	
	年均天数	增多(减少)比率/%	年均天数	增多(减少)比率/%	年均天数	增多(减少)比率/%
1960—1969	6.9	–	4.1	–	11.0	–
1970—1979	8.0	13.8	2.6	-57.7	10.6	-3.8
1980—1989	3.6	-122.2	1.7	-53.0	5.3	-100.0
1990—1999	7.5	52.0	1.7	0.0	9.2	42.4
2000—2009	9.8	23.5	10.0	83.0	19.8	53.5
2010—2017	8.6	-13.6	9.6	-3.9	18.3	-8.5

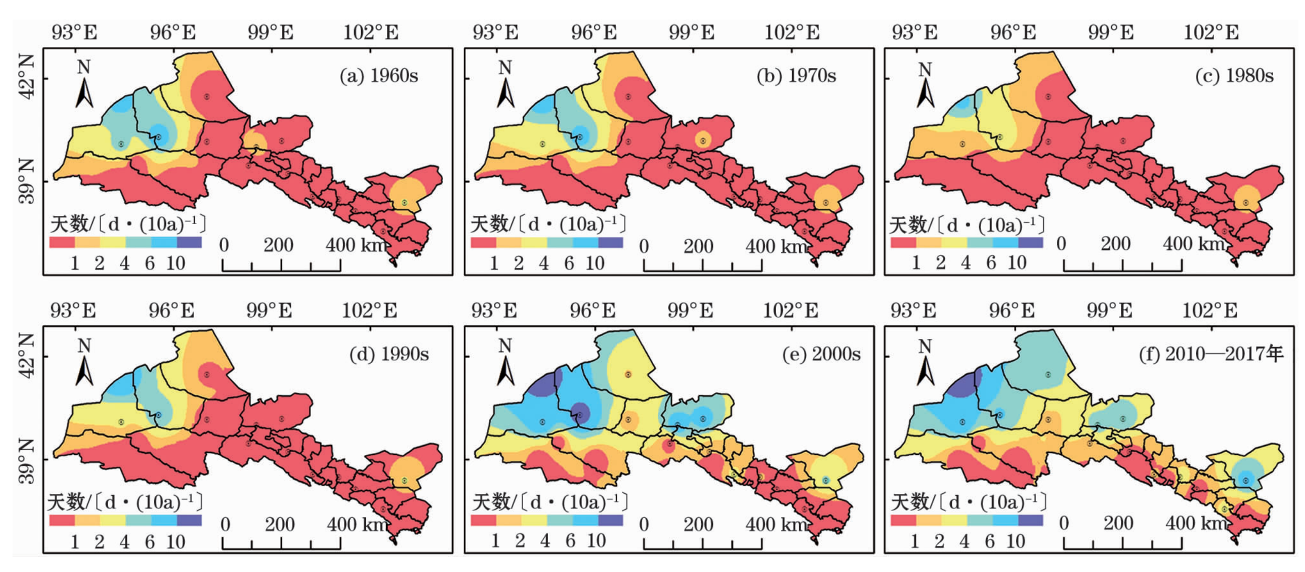


图8 河西地区各年代年均干热风发生天数的空间分布

Fig.8 Spatial distribution of the annual days of dry-hot wind in the Hexi region in different decades

图8所示，河西地区各年代干热风发生天数较多的区域集中在其西部和北部，各年代天数高值区没有发生明显变动，依然在河西地区西侧的瓜州、敦煌等地，发生天数却有明显增多趋势。20世纪60年代干热风天数高值区在河西地区西侧，在金塔、民勤等地年均干热风发生天数也超过1.6 d，其他地区年均干热风发生天数未超过1 d；20世纪70年代各地干热风年均发生天数都有不同程度减少，敦煌减少趋势达0.2 d·a^{-1}；到20世纪80年代，干热风年均发生天数继续减少，且发生多是轻度干热风；到20世纪90年代，河西地区干热风发生天数又有小幅的回升态势，主要原因是轻度干热风发生天数的增多，瓜州增加天数达0.3 d·a^{-1}敦煌和民勤也呈现增多趋势，其他地区虽有增多但并不明显；2000年之后的10 a是干热风发生天数最多的10 a，相比20世纪90年代有了爆发性的增长，之前年均干热风发生较少的鼎新和金塔在21世纪之后也成为了干热风重灾区，达7.5 d·a^{-1}和8.3 d·a^{-1}，而且这

10 a 重度干热风发生天数迅速增多,在河西地区中段干热风发生天数也呈增多趋势;2010 年之后相比前 10 a 干热风年均发生天数有小幅的回落趋势,总体发生天数仍较多。

4　结论与讨论

4.1　结论

本文采用了国家气象行业标准干热风等级指标,对 1960—2017 年河西地区干热风事件的时空演化特征进行了分析,得出以下主要结论:

(1) 轻度干热风年均发生次数和天数高值区分布在河西地区西部和民勤,重度干热风发生范围相对较小且与轻度范围大致相同。在空间分布上总体呈西多东少,北多南少的特征。海拔较低站点(低于 1 300 m)达到干热风年型标准的年份较多,且重年型多于轻年型,酒泉、张掖等站虽有轻、重干热风日,但多数年份未达到干热风年型的标准。

(2) 近 50 多年河西地区总干热风发生天数均呈先缓慢减少后迅速增多的趋势,后期增多主要是受重度干热风增长过快的影响。干热风天数线性回归斜率显示增长趋势最显著的站点是金塔、鼎新和民勤。

(3) 干热风发生强度呈先缓慢减少后又迅速增多的趋势,在 2000 年之后强度比之前有了显著的提升,且年际之间的强度指数差异变大。

(4) 干热风过程分析显示,历年干热风过程的持续天数总体呈增加趋势,并在 20 世纪 90 年代之后开始迅速增多,且各站点持续时间有逐渐延长的趋势。一次干热风过程所涉及的站次呈明显增多趋势,表明干热风发生范围进一步扩大到更高纬度和更高海拔地区。

(5) 年代际尺度上轻、重干热风天数变化趋势大致相同,2000 年之后重度干热风天数迅速增加并超过轻度干热风天数,表明重度干热风受气候变化的影响更为明显。各年代干热风发生天数的高值区没有明显变化,发生天数却有明显变化。

4.2　讨论

由于影响干热风灾害发生的因素较多,并且各地自然地理条件、土壤及作物类型等都存在差异,造成该气象指标不能完全体现干热风事件发生对农作物造成的影响和危害。如气象灾害大典记录武威是干热风较常发生区域,历年来造成较多灾损,该指标却不能完全体现。因此,干热风指标还需进一步改进,适应气候变化和农业生产的发展,降低研究中的不确定性。在未来工作中还可对河西地区单次干热风事件的影响范围和形成顺序及各地干热风多年来出现的时间变化进行分析,查找干热风事件的灾损资料,从而完善此研究,并在区域气候模型的助益下进一步探究今后河西地区干热风发生状况与规律,为重点区域的防范和作物安全生产提供建议。

参考文献(References):

〔1〕 董安祥,温克刚. 中国气象灾害大典:甘肃卷〔M〕. 北京:气象出版社,2005.〔Dong Anxiang, Wen Kegang. Chinese Meteorological Disasters Encyclopedia: Gansu Fascicule〔M〕. Beijing: China Meteorological Press,2005.〕

〔2〕 中国气象局. 小麦干热风灾害等级中华人民共和国气象行业标准(QX/T82 - 2007)〔S〕. 北京: 气象出版社,2007.〔China Meteorological Administration. Disaster Grade of Dry-hot Wind for Wheat (QX/T82 - 2007)〔S〕. Beijing: China Meteorological Press,2007.〕

〔3〕 王鹏祥,杨金虎. 中国西北近 45 a 来极端高温事件及其对区域性增暖的响应〔J〕. 中国沙漠,2007,27(5):649 - 655.〔Wang Pengxiang, Yang Jinhu. Extreme high temperature events and response to regional warming in recent 45 years in Northwest China〔J〕. Journal of Desert Research,2007,27(5):649 - 655.〕

〔4〕 董婷,孟令奎,张文. 1961—2012 年我国干旱演变特征〔J〕. 干旱区研究,2018,35(1):96 - 106.〔Dong Ting, Meng Lingkui, Zhang Wen. Evolution of drought in China during the period of 1961 - 2012〔J〕. Arid Zone Research,2018,35(1):96 - 106.〕

〔5〕 邓振镛,张强,倾继祖,等. 气候暖干化对中国北方干热风的影响〔J〕. 冰川冻土,2009,31(4): 664 - 671.〔Deng Zhenyong, Zhang Qiang, Qing Jizu, et al, Impact of climate warming and drying on dry-hot wind in the North of China〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2009,31(4): 664 - 671.〕

〔6〕 中国科学院兰州高原大气物理研究所. 河西地区的干热风〔J〕. 气象,1975,1(5):22 - 22.〔Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences. Dry-hot wind in Hexi region〔J〕. Meteorological Monthly,1975,1(5):22 - 22.〕

〔7〕 北方十三省(市)小麦干热风科研协作组. 小麦干热风伤害机理的研究〔J〕. 作物学报,1984,10(2):105 - 112.〔The Cooperated Research Group on Dry-hot wind Injury in Wheat in Thirteen Provinces and Municipalities in North China. Study on the injurious mechanism of hot weather with dry wind (HDW) in wheat〔J〕. Acta Agronomica Sinica,1984,10(2):105 - 112.〕

〔8〕 王春乙,季贵树. 石家庄地区干热风年型指标分析及统计预测模型〔J〕. 气象学报,1991,49(1): 104 - 107.〔Wang Chunyi, Ji Guishu. Index analysis of dry-hot wind year's type and forecasting model in Shijiazhuang District〔J〕. Acta Meteorologica Sinica,1991,49(1):104 - 107.〕

〔9〕 尤凤春,郝立生,史印山,等. 河北省冬麦区干热风成因分析〔J〕. 气象,2007,33(3):95－100.〔You Fengchun,Hao Lisheng,Shi Yinshan,et al. Causation analysis of dry-hot wind formation in Hebei Province winter wheat region〔J〕. Meteorological Monthly,2007,33(3):95－100.〕

〔10〕 时凤云,徐文国,吴建河,等. 濮阳近40年干热风特征和成因分析及防御〔J〕. 中国农学通报,2009,25(3):251－254.〔Shi Fengyun,Xu Wenguo,Wu Jianhe,et al. The reason analysis and defense of dry-hot wind's characters in recent forty years of Puyang City〔J〕. Chinese Agricultural Science Bulletin,2009,25(3):251－254.〕

〔11〕 刘德祥,孙兰东,宁惠芳. 甘肃省干热风的气候特征及其对气候变化的响应〔J〕. 冰川冻土,2008,30(1):81－86.〔Liu Dexiang,Sun Landong,Ning Huifang. Characteristics of dry-hot wind in Gansu Province and its response to climate change〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2008,30(1):664－671.〕

〔12〕 曹玲,窦永祥. 河西走廊中部干热风气候特征分析及其预报方法〔J〕. 干旱地区农业研究,1997,15(3):96－102.〔Cao Ling,Dou Yongxiang. Dry-hot wind climatic feature and its forecast in central Hexi Corridor〔J〕. Agricultural Research in the Arid Areas,1997,15(3):96－102.〕

〔13〕 赵俊芳,赵艳霞,郭建平,等. 过去50年黄淮海地区冬小麦干热风发生的时空演变规律〔J〕. 中国农业科学,2012,45(14):2 815－2 825.〔Zhao Junfang,Zhao Yanxia,Guo Jianping,et al. Spatial-temporal changes of dry-hot wind for winter wheat in Huanghuaihai Plain during the past 50 years〔J〕. Scientia Agricultura Sinica,2012,45(14):2 815－2 825.〕

〔14〕 邬定荣,刘建栋,刘玲,等. 近50年华北平原干热风时空分布特征〔J〕. 自然灾害学报,2012,21(5):167－172.〔Wu Dingrong,Liu Jiandong,Liu Ling,et al. Spatiotemporal distribution characteristics of dry-hot wind days in North China Plain in recent 50 years〔J〕. Journal of Natural Disasters,2012,21(5):167－172.〕

〔15〕 杨霏云,朱玉洁,刘伟昌. 华北冬麦区干热风发生规律及风险区划〔J〕. 自然灾害学报,2013,22(3):112－121.〔Yang Feiyun,Zhu Yujie,Liu Weichang. Occurrence rules and risk zoning of dry-hot wind in winter wheat producing areas of North China〔J〕. Journal of Natural Disasters,2013,22(3):112－121.〕

〔16〕 北方小麦干热风科研协作组. 干热风对小麦灌浆速度的影响〔J〕. 气象,1983,9(5): 22－24.〔Collaboration Group of Wheat Dry-hot Wind in Northern China. Influence of dry-hot wind on grain filling speed of wheat〔J〕. Meteorological Monthly,1983,9(5):22－24.〕

〔17〕 成林,张志红,方文松. 干热风对冬小麦灌浆速率和千粒重的影响〔J〕. 麦类作物学报,2014,34(2):248－254.〔Cheng Lin,Zhang Zhihong,Fang Wensong. Effects of dry-hot wind on grain filling speed and 1 000－kernel weight of winter wheat〔J〕. Journal of Triticeae Crops,2014,34(2): 248－254.〕

〔18〕 张翠英,樊景豪,张斌,等. 鲁西南干热风发生规律及统计预测模型〔J〕. 干旱气象,2016,34(1): 207－211.〔Zhang Cuiying,Fan Jinghao,Zhang Bin,et al. Dry-hot wind characteristic and statistical forecasting model in Southwest of Shandong Province〔J〕. Journal of Arid Meteorology,2016,34(1): 207－211.〕

〔19〕 刘玲,刘建栋,邬定荣,等. 气候变化情景下华北地区干热风的时空分布特征〔J〕. 科技导报,2012,30(19): 24－27.〔Liu Ling,Liu Jiandong,Wu Dingrong,et al. Temporal and spatial variations of dry-hot wind in North China under the condition of climate change in the future〔J〕. Science & Technology Review,2012,30(19):24－27.〕

〔20〕 戚尚恩,杨太明,孙有丰,等. 淮北地区小麦干热风发生规律及防御对策〔J〕. 安徽农业科学,2012,40(1): 401－404.〔Qi Shangen,Yang Taiming,Sun Youfeng,et al. Occurrence rules and preventive measures of wheat dry hot wind in Huaibei Area〔J〕. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2012,40(1):401－404.〕

〔21〕 张耀宗,张勃,刘艳艳,等. 乌鞘岭是甘肃气候转型变化的分界线吗?〔J〕. 冰川冻土,2016,38(3):611－619.〔Zhang Yaozong,Zhang Bo,Liu Yanyan,et al. Is the Wushaoling the climate shift dividing line in Gansu Province?〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2016,38(3):611－619.〕

〔22〕 窦睿音,延军平,王鹏涛. 全球变化背景下甘肃近半个世纪气温时空变化特征〔J〕. 干旱区研究,2015,32(1): 73－79.〔Dou Ruiyin,Yan Junping,Wang Pengtao. Spatiotemporal distribution of temperature in Gansu Province under global climate change during the period from 1956 to 2012〔J〕. Arid Zone Research,2015,32(1):73－79.〕

〔23〕 贾文雄,何元庆,李宗省,等. 近50年来河西走廊平原区气候变化的区域特征及突变分析〔J〕. 地理科学,2008,28(4):525－531.〔Jia Wenxiong,He Yuanqing,Li Zongxing et al. Regional characteristics of climatic change trend and break during last 50 years in Hexi Corridor〔J〕. Scientia Geographica Sinica,2008,28(4):525－531.〕

〔24〕 刘德祥,董安祥,薛万孝,等. 气候变暖对甘肃农业的影响〔J〕. 地理科学进展,2005,24(2):49－58.〔Liu Dexiang,Dong Anxiang,Xue Wanxiao,et al. Impact of climate warming on agriculture in Gansu Province〔J〕. Progress in Geography,2005,24(2):49－58.〕

〔25〕 李香颜,张金平,陈敏. 基于GIS的河南省冬小麦干热风风险评估及区划〔J〕. 自然灾害学报,2017,26(3):63－70.〔Li Xiangyan,Zhang Jinping,Chen Min. Risk assessment and zoning of winter wheat dry-hot wind in Henan Province based on GIS technology〔J〕. Journal of Natural Disasters,2017,26(3):63－70.〕

Spatiotemporal Variation of Dry-Hot Wind Events in the Hexi Region in Recent 50 Years

HOU Qi,　ZHANG Bo,　HE Hang,　MA Bin,　MA Shang-qian
(*College of Geography and Environmental Science*, *Northwest Normal University*, *Lanzhou* 730070, *Gansu*, *China*)

Abstract: In this study, the spatiotemporal distribution and evolution of dry-hot wind events were analyzed. The purpose of the study was to explore the trends and impacts of dry-hot wind events in the Hexi region under the background of global change based on the national meteorological industry standards for spring wheat and the daily maximum temperature and relative humidity data from 13 meteorological stations in the Hexi region at 14:00 in June and July from 1960 to 2017. The results showed that: ① Dry-hot wind events were mainly in an increase trend except in the areas with high altitude, and their increase rates were significantly different. After 2000, the intensity of dry-hot wind increased rapidly, especially the heavy dry-hot wind. There was no obvious change in the areas with high occurring frequency in different decades, but the days of occurring dry-hot wind changed significantly; ② Dry-hot wind frequency was higher in the west and north than that in the east and south, and it was also high in the areas with low elevation; ③ The extent of occurring a dry-hot wind event was enlarged, its duration was prolonged, and dry-hot wind tended to the regions with higher latitudes and higher altitudes.

Key words: dry-hot wind; spatiotemporal variation; climate change; annul type grade; Hexi Region